

SEMINAR NASIONAL PENDIDIKAN FISIKA 2018

“Aktualisasi Peran Generasi Milenial Melalui Pendidikan, Pengembangan Sains, dan Teknologi dalam Menyongsong Generasi Emas 2045”

25 NOVEMBER 2018

APLIKASI KAPASITANSI METER DISERTAI SISTEM DATA LOGGER BERBASIS ARDUINO UNO UNTUK UJI TINGKAT KEMATANGAN BUAH PISANG

Hidriyatur Rizza

Prodi Pendidikan Fisika, FKIP, Universitas Jember
hidriyaturrizza@gmail.com

Sudarti

Prodi Pendidikan Fisika, FKIP, Universitas Jember
sudarti.fkip@unej.ac.id

Sri Handono

Prodi Pendidikan Fisika, FKIP, Universitas Jember
srihandono.fkip@unej.ac.id

ABSTRAK

Pengukuran merupakan proses membandingkan suatu besaran yang tidak diketahui nilainya dengan besaran lain yang memiliki nilai. Pengukuran bertujuan untuk mendapatkan informasi mengenai sifat fisik, kimia, maupun biologis dari suatu benda atau keadaan tertentu. Seiring berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi dalam bidang elektronika, muncul alat dan instrumen dalam ilmu pengetahuan yang memudahkan manusia dalam proses pengukuran. Contohnya kapasitor, merupakan salah satu komponen elektronika. Kapasitor memiliki berbagai macam bentuk dan ukuran, tetapi pada dasarnya sama saja tersusun dari dua keping konduktor dan dipisahkan oleh dielektrik. Kemampuan suatu kapasitor dalam menyimpan muatan listrik disebut dengan kapasitansi. Kapasitansi dapat diukur menggunakan alat ukur seperti LCR meter dan multimeter, namun kapasitansi memiliki alat ukur khusus yang dinamakan kapasitansi meter. Nilai kapasitansi suatu bahan sangatlah penting agar kita dapat mengetahui sifat dielektriknya. Bahan dielektrik yang digunakan adalah buah pisang susu. Kapasitansi meter yang dibuat pada penelitian ini memanfaatkan sensor kapasitor, modul mikrokontroler Arduino Uno, Micro SD modul, micro SD dan LCD 2 x 16. Arduino dan kedua modul tersebut dapat dirakit menjadi alat ukur kapasitansi suatu bahan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan metode pengukuran kapasitansi dapat digunakan sebagai identifikasi kematangan buah pisang susu. Penelitian ini menunjukkan bahwa semakin matang buah pisang susu, maka nilai kapasitansi akan semakin besar. Melalui pembacaan data pada LCD kapasitansi meter hasil rakitan peneliti menunjukkan nilai kapasitansi buah pisang susu kondisi belum matang 70.078 pF , kondisi matang 234.273 pF dan kondisi sangat matang 339.623 pF.

Kata Kunci: *Kapasitansi meter, Arduino, kapasitor, Data logger*

PENDAHULUAN

Pengukuran merupakan proses membandingkan suatu besaran yang tidak diketahui nilainya dengan besaran lain yang memiliki nilai. Kegiatan pengukuran bertujuan untuk mendapatkan informasi mengenai sifat-sifat fisik, kimia, maupun biologis dari suatu benda atau keadaan tertentu. Pada umumnya, besaran fisik, mekanis, dan kimia sulit untuk diketahui secara langsung oleh indera manusia. Oleh karena itu, diperlukan sebuah alat atau instrumen untuk mentransformasikan besaran-besaran tersebut agar dapat ditanggapi dengan mudah oleh indera manusia (Sarwono dkk, 1992). Seiring berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi dalam bidang elektronika, banyak terciptanya berbagai alat atau instrumen untuk memudahkan manusia dalam melakukan aktivitasnya.

Setiap komponen elektronika memiliki karakteristik dan fungsi yang berbeda.

Kapasitor merupakan salah satu komponen elektronika yang sering digunakan. Seperti halnya komponen elektronika lainnya, kapasitor juga mempunyai besaran atau nilai tertentu yang menunjukkan ukuran atau kemampuan dari kapasitor tersebut (Samosir, 2016). Fungsi kapasitor pada rangkaian elektronika diantaranya yaitu sebagai isolator yang menghambat arus DC, filter dalam rangkaian power supply, sebagai pembangkit frekuensi dalam rangkaian osilator, sebagai pemilih gelombang frekuensi, dan sebagai penyimpan energi pada peralatan lampu kilat (Giancoli, 2009). Kapasitor memiliki berbagai macam bentuk dan ukuran, tetapi pada dasarnya sama saja tersusun dari dua keping konduktor dan dipisahkan oleh dielektrik. Kedua keping konduktor pada kapasitor diberi muatan sama, tetapi

SEMINAR NASIONAL PENDIDIKAN FISIKA 2018

“Aktualisasi Peran Generasi Milenial Melalui Pendidikan, Pengembangan Sains, dan Teknologi dalam Menyongsong Generasi Emas 2045”

25 NOVEMBER 2018

berlawanan jenis. Keping yang satu diberi muatan positif dan keping yang lain diberi muatan negatif. Namun secara keseluruhan kapasitor bermuatan netral. Kapasitor dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu kapasitor dengan kapasitansi tetap dan kapasitor dengan kapasitansi yang dapat diubah-ubah. Perbedaan kapasitor tersebut berdasarkan kemampuan menyimpan muatan dari kapasitor itu sendiri. Kemampuan suatu kapasitor dalam menyimpan muatan listrik disebut dengan kapasitansi. Kapasitansi dapat diukur

menggunakan alat ukur seperti LCR meter dan multimeter, namun kapasitansi memiliki alat ukur khusus yang dinamakan kapasitansi meter. Kapasitansi biasanya dinyatakan dengan satuan farad, mikro farad, nano farad, hingga pico farad. Penamaan satuan tersebut diambil dari nama belakang seorang ilmuwan yang sudah berkontribusi dalam konsep kapasitansi yakni Michael Faraday. Untuk seorang perancang elektronika, adanya kapasitansi meter sangat dibutuhkan karena sangat membantu dalam perancangan dan pembuatan suatu rangkaian elektronika yang membutuhkan keakuratan nilai kapasitansi (Samosir, 2016). Kapasitansi bergantung pada luas permukaan keping, jarak antara kedua keping, dan dielektrik yang digunakan. Kapasitansi memiliki hubungan berbanding lurus dengan luas permukaan keping dan berbanding terbalik dengan jarak antara kedua keping. Jadi dapat dikatakan bahwa nilai kapasitansi akan besar jika luas permukaan keping besar dan kapasitansi akan memiliki nilai yang kecil bila jarak antara kedua keping besar (Cahyono dkk., 2017).

Nilai kapasitansi suatu bahan sangatlah penting agar kita dapat mengetahui sifat dielektrik pada bahan tersebut. Kapasitansi sebuah kapasitor bergantung pada faktor geometri dan sifat bahan dielektrik (Serwey & Jewett, 2010). Bahan dielektrik adalah suatu bahan yang memiliki daya hantar arus yang sangat kecil atau bahkan hampir tidak ada. Bahan dielektrik dapat berwujud padat, cair dan gas. Sifat dielektrik bahan dan kadar air bahan tersebut hubungannya yaitu berbanding lurus. Kadar air bahan yang tinggi, nilai dielektriknya juga tinggi (Guo dkk., Nelson dan trabelsi dalam Saleh dkk., 2013). Bahan dielektrik tidak seperti konduktor yang memiliki elektron-elektron konduksi yang bebas bergerak diseluruh bahan oleh pengaruh medan listrik. Medan listrik tidak akan menghasilkan pergerakan muatan dalam bahan dielektrik. Sifat inilah yang menyebabkan bahan dielektrik merupakan isolator yang baik. Beberapa contoh bahan dielektrik yaitu kertas, mika, dan keramik. Efisiensi relatif suatu bahan

sebagai bahan dielektrik ditunjukkan oleh konstanta dielektrik (K) dan permetivitas bahan.

Dalam penelitian ini bahan dielektrik yang digunakan adalah buah pisang. Pisang (*Musa paradisiaca L.*) merupakan salah satu tumbuhan berbuah yang mudah tumbuh didaerah tropis, sehingga mudah dijumpai di Indonesia. Pisang banyak sekali jenisnya serta merupakan jenis buah yang cukup banyak dikonsumsi oleh masyarakat untuk semua umur dan status sosial karena harganya yang relatif terjangkau dan mudah didapat. Pada kurun waktu lima tahun 2011-2015 presentase konsumsi pisang tumbuh lebih baik 1,32% pertahun dibandingkan periode sebelumnya 2002-2010 yang hanya sebesar 0,04% pertahun. Konsumsi pisang paling tinggi terjadi pada tahun 2011 sebesar 2,13 juta ton atau naik 30,87% dari tahun 2010 (Kementerian Pertanian, 2016).

Pisang merupakan produk pertanian, produk pertanian pada umumnya bersifat mudah rusak. Rusaknya suatu produk dapat mempengaruhi kualitas yaitu tingkat keunggulan produk tersebut. Kematangan buah merupakan salah satu masalah yang penting untuk diketahui dalam menentukan kualitas produk pertanian (Gulita dkk., 2015). Umumnya, warna kulit yang dijadikan sebagai suatu indikator untuk menentukan kematangan buah pisang karena klorofil dalam kulit berkurang saat pisang mulai masak (Hidayat, 2015). Kelembutan tekstur buah pisang juga dapat dijadikan indikator yang bagus untuk menentukan kualitas buah pisang serta digunakan untuk mengukur kemasakan buah. Alat yang dapat digunakan untuk mengukur tekstur buah pisang yaitu penetrometer (Ragni, 2006), namun metode tersebut dapat merusak produk buah pisang. Seiring berjalannya waktu, saat ini terdapat salah satu metode yang digunakan untuk mengukur tingkat kematangan produk pertanian. Metode yang dikembangkan yaitu dengan pengukuran sifat dielektrik. Setiap bahan memiliki karakteristik dielektrik tertentu yang berbeda, sehingga sifat ini dapat digunakan untuk identifikasi kematangan buah (Gulita dkk., 2015). Dalam hal ini buah pisang berfungsi sebagai bahan dielektrik dan diletakkan diantara dua plat tembaga yang berperan sebagai sensor kapasitor. Buah pisang yang digunakan adalah buah pisang susu. Pisang susu dipilih karena memiliki konstanta dielektrik yang hampir sama antara pisang mentah dan matang (Gulita dkk., 2015). Meskipun warna kulit pisang tersebut berwarna kuning pisang susu memiliki rasa agak masam (Gulita dkk., 2015). Dari pemaparan yang dilakukan oleh Gulita maka dapat disimpulkan bahwa warna kulit pisang tidak dapat dijadikan indikator kematangan buah.

SEMINAR NASIONAL PENDIDIKAN FISIKA 2018

“Aktualisasi Peran Generasi Milenial Melalui Pendidikan, Pengembangan Sains, dan Teknologi dalam Menyongsong Generasi Emas 2045“

25 NOVEMBER 2018

Penelitian mengenai kematangan buah pisang sebelumnya telah dilakukan oleh Gulita dkk. (2015) dengan judul indentifikasi sifat dielektrik pisang pada tingkat kematangan berbeda dengan rangkaian RLC. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa semakin matang buah pisang, maka nilai kapasitansi dan konstanta dielektrik akan semakin besar. Alat ukur yang digunakan dalam penelitian ini yaitu rangkaian dari plat konduktor tembaga, power supply, osiloskop, dan resistor. Mengetahui alat ukur yang digunakan, terlihat bahwa alat tersebut tidaklah efisien karena dapat memakan tempat. Hasil pengukuran juga masih dicatat secara manual. Penelitian ini juga telah dilakukan oleh Haerul Hidayat (2015) dengan judul estimasi kemasakan buah pisang menggunakan sensor kapasitor. Alat ukur yang digunakan juga hampir sama dengan penelitian yang dilakukan oleh Gulita dkk. (2015). Namun pada penelitian Haerul Hidayat (2015) juga menggunakan color rider. Penggunaan color rider dalam penelitian tersebut memiliki kelemahan yaitu pengambilan data warna kurang sempurna dengan kondisi ruang dan pencahayaan yang kurang baik.

Berdasarkan kelemahan pada penelitian sebelumnya, muncul suatu inspirasi untuk membuat suatu alat ukur kapasitansi meter berbasis Arduino Uno. Penelitian tentang alat kapasitansi meter berbasis mikrokontroler telah banyak dilakukan, diantaranya yaitu dilakukan oleh Hamid (2016) dengan judul Aplikasi Kapasitansi Meter Menggunakan Arduino Uno untuk Uji Tingkat Kematangan Buah Tomat. Hasil dari penelitian tersebut didapatkan nilai kapasitansi, kemudian digunakan untuk menilai kematangan buah tomat. Alat ukur yang digunakan sangatlah efisien dan tidak memakan tempat, tetapi dalam penelitian Hamid masih terdapat kelemahan yaitu pembacaan data secara manual menggunakan LCD dan dilakukan pencatatan secara manual. Begitu pula dengan penelitian yang dilakukan oleh Purnamasari (2017) dengan judul Pembuatan Alat Ukur Kadar Gula Berbasis Kapasitansi dengan Menggunakan Arduino Uno. Namun, dalam penelitian-penelitian tersebut pencatatan data masih secara manual dan belum ada yang meneliti nilai kapasitansi buah pisang untuk mengetahui tingkat kematangan menggunakan kapasitansi meter berbasis arduino uno. Oleh karena itu peneliti merancang alat ukur kapasitansi meter yang digunakan untuk mengukur kapasitansi buah pisang sebagai indikator kematangan.

Kapasitansi meter yang dibuat pada penelitian ini memanfaatkan sensor kapasitor, modul mikrokontroler Arduino Uno, Micro SD modul, micro SD dan LCD 2 x 16. Arduino Uno digunakan sebagai unit pengelola data dan mengatur kerja sistem alat

secara keseluruhan. Kelebihan Arduino Uno dengan modul mikrokontroler lain yaitu menggunakan mikrokontroler berbasis ATmega328 yang termasuk dalam keluarga mikrokontroler AVR 8 bit, menggunakan teknologi CMOS yang memiliki kinerja teknologi pengoperasian yang tinggi, dan merupakan jenis arduino yang paling banyak digunakan oleh seluruh pengguna arduino (Fatwanto, 2013). Selain itu, arduino uno juga menggunakan Atmega8U2 yang berperan sebagai converter USB to serial yang memberikan kemudahan dalam proses instalasi software Arduino terutama menggunakan sistem operasi Windows, yaitu hanya dengan menghubungkan board Arduino Uno dengan Windows untuk menggunakannya melalui koneksi USB (Artanto, 2012). Hasil pengolahan data oleh Arduino Uno berupa nilai kapasitansi, nilai konstanta dielektrik dan karakteristik tingkat kematangan yang akan ditampilkan pada layar LCD.

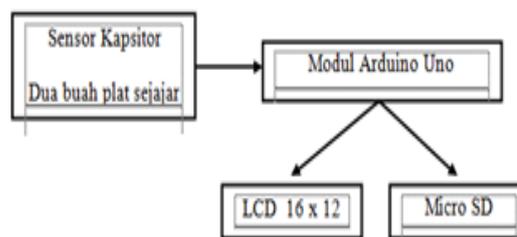
Berdasarkan uraian diatas, dirasa perlu melakukan penelitian yang bertujuan mengetahui tingkat kematangan buah pisang menggunakan kapasitansi meter berbasis Arduino Uno.

METODE PENELITIAN

Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimen. Penelitian ini dilakukan untuk menentukan nilai kapasitansi berdasarkan konstanta dielektrik buah pisang kondisi sangat matang, matang dan belum matang menggunakan kapasitansi meter disertai sistem data logger berbasis arduino uno hasil rancangan peneliti. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah: buah pisang dengan kondisi sangat matang, matang dan belum matang. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah nilai kapasitansi yang ditinjau dari konstanta dielektrik. Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah alat ukur, yaitu kapasitansi meter hasil rancangan peneliti.

Kapasitansi pada penelitian ini adalah kapasitansi yang dihasilkan oleh buah pisang susu mentah, matang dan sangat matang. Dalam pengukuran didapatkan pembacaan 5 nilai kapasitansi. Hasil bacaan secara otomatis tersimpan dalam sistem data logger pada rangkaian alat ukur.

Desain blok perancangan alat



SEMINAR NASIONAL PENDIDIKAN FISIKA 2018

“Aktualisasi Peran Generasi Milenial Melalui Pendidikan, Pengembangan Sains, dan Teknologi dalam Menyongsong Generasi Emas 2045”

25 NOVEMBER 2018

Gambar 1. Diagram blok perancangan alat

Rancangan alat terdiri dari sensor kapasitor yang terbuat dari dua plat sejajar sebagai input pendeteksi nilai dielektrik buah pisang, arduino sebagai mikrokontroler yang berfungsi sebagai pusat pengendali rangkaian, LCD sebagai output tampilan, dan sistem data logger sebagai output penyimpanan data yang telah didapat selama pengukuran.

Teknik analisis data yang digunakan untuk mengukur dan mengakaji tingkat kematangan buah yaitu menggunakan nilai kapasitansi buah pisang susu kondisi sangat matang, matang dan belum matang yaitu menggunakan tabel hasil pengukuran kapasitansi. Pengukuran nilai kapasitansi tersebut menggunakan konsep dasar fisika yaitu :

$$C = k \epsilon_0 \frac{A}{d}$$

Ada 2 macam data yang diambil. Data pertama adalah data kalibrasi alat rakitan peneliti dibandingkan dengan dengan kapasitansi meter pabrikan yang ditampilkan dengan tabel hasil kalibrasi Data kedua adalah sampel data, yang mengukur nilai kapasitansi buah pisang susu dalam kondisi belum matang, matang dan sangat matang.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai pembuatan alat kapasitansi meter, hasil kalibrasi alat kapasitansi meter hasil rancangan peneliti dengan kapasitansi meter pabrikan dan kalibrasi menggunakan kapasitor pasaran yang sudah ada nilai kapasitansinya, serta pada bab ini juga akan dibahas data sampel buah pisang susu yang diambil dengan kondisi belum matang, matang dan sangat matang. Pembahasan yang pertama yaitu mengenai pembuatan alat kapasitansi meter berbasis arduino uno yang dilengkapi dengan sensor kapasitor menggunakan plat PCB yang disejajarkan. Sistem alat kapasitansi meter yang dirangkai peneliti mencakup sensor kapasitor, arduino uno, LCD (*Liquid Crystal Display*) dan data *logger* dimana semua alat tersebut dirangkai dan tersimpan dalam box kayu.

Pengujian alat kapasitansi meter berbasis arduino uno dilakukan dengan mengkalibrasi pengukuran menggunakan Capacitance meter CM8601A⁺.

Tabel 1. Data hasil kalibrasi

Nilai tertera di badan kapasitor	Hasil pengukuran kapasitansi meter CM8601A ⁺ .	Hasil pengukuran kapasitansi meter Arduino uno
47 p (keramik)	49.367 p	48.467 p
82 p (keramik)	81.667 p	82.238 p
56 p (keramik)	57.167 p	57.649 p
47 n (polyester)	47.267 n	48.204 n
5 n (polyester)	4.767 n	4.950 n
33 n (polyester)	35.3 n	34.995 n
1 u (elektrolit)	1.217 u	1.371 u
10 u (elektrolit)	10.367 u	10.941 u
22 u (elektrolit)	22.967 u	25.389 u

Pembahasan selanjutnya yaitu mengenai data hasil pengukuran sampel buah pisang susu kondisi belum matang, matang, dan sangat matang. Berikut hasil pengukurannya :

Tabel 2. Data hasil pengukuran sampel buah pisang

Karakter Pisang	C1 (pF)	C2 (pF)	C3 (pF)	C4 (pF)	C5 (pF)	C rata-rata
BM	67.253	69.667	70.741	74.115	68.617	70.0786
M	256.902	263.371	209.567	187.749	253.776	234.273
SM	333.278	343.800	338.463	333.278	349.297	339.623

Keterangan

BM = Belum Matang

M = Matang

SM = Sangat Matang

Berikut merupakan grafik hubungan antara karakter pisang atau uji organoleptik dengan nilai kapasitansinya.



Grafik 1. Nilai kapasitansi dan karakter pisang

Dari grafik menunjukkan bahwa hubungan nilai kapasitansi buah pisang susu dengan karakter pisang tersebut yaitu jika buah pisang susu kondisinya

SEMINAR NASIONAL PENDIDIKAN FISIKA 2018

“Aktualisasi Peran Generasi Milenial Melalui Pendidikan, Pengembangan Sains, dan Teknologi dalam Menyongsong Generasi Emas 2045“

25 NOVEMBER 2018

semakin matang maka nilai kapasitansi akan semakin besar.

PENUTUP KESIMPULAN

Berdasarkan data yang diperoleh sistem alat kapasitansi meter arduino uno dengan tambahan rangkaian berupa sensor kapasitor media penampil LCD dan data *logger* berfungsi dengan baik dan dapat digunakan untuk identifikasi kematangan buah pisang berdasarkan nilai kapasitansi. Penggunaan alat kapasitansi meter rancangan peneliti sangat mudah yaitu buah pisang diletakan pada sensor kapasitor dengan masing-masing sisi plat saling menempel pada buah pisang kemudian hasil pengukuran akan ditampilkan pada layar LCD dan akan disimpan secara otomatis pada sistem data *logger*. Didapatkan nilai rata-rata kapasitansi buah pisang susu kondisi belum matang yaitu 70.0786 pF, kondisi matang yaitu 234.273 pF, dan kondisi sangat matang yaitu 339.623 pF. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin matang buah pisang susu maka nilai kapasitansinya semakin besar.

SARAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka peneliti menyarankan untuk mengetahui akurasi alat bisa dilakukan dengan mempariasi jarak antar plat sensor kapasitor dan menggunakan variasi bahan isolasi pada masing-masing plat konduktor. Kajian lebih lanjut tentang level-level kematangan buah pisang dapat dilakukan pengujian menggunakan variasi jenis buah pisang dengan jumlah yang banyak.

DAFTAR PUSTAKA

- Artanto, Dian. 2012. Interaksi Arduino dan LabVIEW. Jakarta: PT Elex Media Komputindo.
- Cahyono, Eko Bowo, dkk. 2017. Karakteristik Sensor Kapasitif Pelat Sejajar Dalam Aplikasinya Sebagai Instrumen Pengukur Curah Hujan Berbasis Arduino Uno. Indonesian Journal of Applied Physics. Vol 7 No 2 Oktober 2017.
- Cahyono, B. 2009. Pisang (Usaha Tani dan Penanganan Pascapanen). Yogyakarta: Kanisius.
- Giancoli, Douglas.C. 2009. Physics for Scientist & Engineers with Modern Physics. Fourth Edition. United State of America : Pearson Education. Inc.
- Gulita, Natalia Diyaning, dkk. 2015. Identifikasi Sifat Dielektrik Pisang Pada Tingkat Kematangan Berbeda dengan Rangkaian RLC. Jurnal Radiasi.. Vol 6 No 2 April 2015.
- Hamid, Abdul.2016. Aplikasi Kapasitansi Meter Menggunakan Arduino Uno Untuk Uji Tingkat Kematangan Buah Tomat. Skripsi. Jember: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.
- Hidayat , Haerul.2015.Estimasi Kemasakan Buah Pisang Menggunakan Sensor Kapasitansi. Skripsi. Jember: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.
- Kementerian Pertanian.2016. Outlook Komoditas Pisang.Jakarta: Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian.
- Purnamasari, Putri. 2017. Pembuatan Alat Ukur Kadar Gula Berbasis Kapasitansi Dengan Menggunakan Arduino Uno . Skripsi. Jember: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.
- Ragni, L. Gradari, dkk. 2006. Predicting Quality Parameters Of Shell Eggs Using A Simple Technique Based On The Dielectric Properties. Biosystem Engineering, Vol. 94, No. 2. ISSN : 255-262
- Saleh, Noor, Djatna, & Irzaman. 2013. Seleksi Parameter Dielektrik Penentuan Masa kadaluarsa Biskuit (Wafer) dengan Pendekatan Regresi Linier, Feature Selection (Relieff) dan Artificial Neural Network. Jurnal Teknologi Industri Pertanian, 23 (2) :164-173 (2013).
- Samosir, Ahmad Sudi. 2016. Impelementasi Alat Ukur Kapasitansi digitl (Digital Capacitance Meter) berbasis Mikrokontroler. Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro. Vol 10 No 1 Januari 2016.
- Serway & Jewett.2004. Fisika Untuk Sains dan Teknik. Terjemahan Oleh Chriswan Sungkono.2010. Jakarta : Salemba Teknika.